

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОКА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Бикбова А.В.¹, Тисарев А.Ю.¹, Виноградов А.С.²

¹ПАО «ОДК-Кузнецов», г. Самара, n.raschupckina@gmail.com

²Самарский университет, г. Самара

Ключевые слова: обледенение, противообледенительная система, численное моделирование, водность.

Авиационные газотурбинные двигатели эксплуатируются в различных погодных условиях, включая туман и повышенную облачность, что может привести к обледенению их входных элементов [1]. Нарастание льда на поверхностях компрессора низкого давления негативно сказывается на работе всего двигателя, поэтому существуют методы борьбы с обледенением. В данной работе рассмотрена воздушная противообледенительная система (ПОС) для защиты кока изделия при повышенном содержании капель воды в атмосферном воздухе. Выполнена оценка эффективности воздушной ПОС на основе численного моделирования нарастания льда на поверхности кока.

Образование льда на конструктивных элементах вентилятора связано с содержанием в атмосфере капель воды при отрицательных температурах. В таких условиях частицы находятся в переохлажденном состоянии, при котором характерно жидкообразное состояние воды при низких температурах. В таком состоянии частицы при попадании на поверхность кристаллизуются, образуя корку льда. Формы образующегося льда разделяются на желообразный и клинообразный [2]. Каждая из этих форм льда представляет собой опасность. Для борьбы с образованием льда на поверхностях двигателя применяются ПОС. При оценке эффективности таких систем учитываются следующие параметры: распределение температуры тела кока и масса образовавшегося льда.

Для расчетной оценки обледенения в качестве предмета исследования выступает кок, имеющий воздушную ПОС (рис. 1). В данной конфигурации для обогрева поверхности кока применяется процесс конвективного теплообмена между обогревающим воздухом и твердым телом. Обогревающий воздух поступает в ПОС по каналу, далее через ряд отверстий (1) диаметром 20 мм, проходит вдоль внутренней поверхности кока и далее через щель (2) шириной 2 мм попадает в проточную часть.

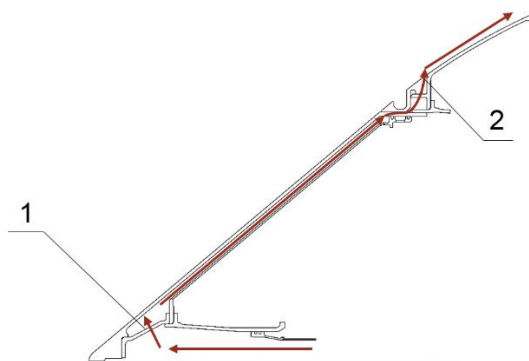


Рисунок 1 – Противообледенительная система кока

Расчет обледенения выполнен на пяти различных режима двигателя, опасных с точки зрения обледенения (при которых минимальная температура кока ниже 5°C). Для расчета обледенения использована секторная геометрическая модель 15°, которая включает в себя домены основного и обогревающего потоков и твердого тела кока. На основе геометрической модели получена неструктурированная конечно-элементная модель каждого из доменов.

Конечно-элементная модель воздушного потока построена с использованием пристеночного слоя для учета изменения параметров потока в пограничном слое. Общее количество элементов составило 12,5 млн (твердое тело кока – 1,7 млн, домен основного потока – 4,9 млн, домен обогревающего потока – 5,9 млн).

Численное моделирование выполнено в модульной постановке. В первом модуле рассчитываются газодинамические параметры потока. Во втором модуле выполняется оценка осаждения капель на поверхности. В третьем модуле определяется нарастание льда на элементах конструкции. В четвертом модуле выполняется сопряженный расчет с учетом теплообмена между потоком, твердым телом и кристаллами льда.

В результате расчетов получено распределение толщины льда на поверхности конструкции, масса образовавшегося льда и распределение температуры твердого тела кока. Образование льда на коке наблюдается на одном из пяти режимов в количестве 3,5 г с максимальной толщиной 1,5 мм.

В результате проделанной работы можно сделать вывод, что с помощью применения ПОС кока удалось избавиться от нарастания льда на четырех из пяти режимов. Максимальная толщина льда наблюдается на режиме полетный малый газ (ПМГ), при котором температура атмосферного воздуха составляет -30°C , влажность 1 г/м^3 .

Список литературы

1. Антонов А.Н. и др. Основы расчёта, конструирования и испытаний противообледенительных систем авиационных газотурбинных двигателей // М.: ЦИАМ им. П.И. Баранова. – 2001.

2. Трунов О.К. Обледенение самолётов и средства борьбы с ним // М.: Машиностроение. – 1965.

CALCULATION EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE SPINNER'S ANTI-ICE SYSTEM OF A GAS TURBINE ENGINE

Bikbova A.V.¹, Tisarev A.Y.¹, Vinogradov A.S.²

¹ JSC Kuznetsov, Samara, Russia, n.raschupckina@gmail.com

² Samara National Research University, Samara, Russia

Keywords: icing, anti-icing system, numerical modeling, liquid water content.

Aircraft gas turbine engines are used in various weather conditions, including fog and high clouds, which can lead to icing of their input elements [1]. The buildup of ice on the surfaces of the low pressure compressor has a negative effect on the operation of the entire engine, so there are methods for dealing with icing. In this paper, an air anti-icing system (AIS) is considered to protect the spinner of a product with an increased content of water droplets. An assessment of the effectiveness of the air-fired AIS was performed based on numerical simulation of ice growth on the surface of the spinner.